

500.43431X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): A. KAZAMA, et al

Serial No.:

Filed: January 29, 2004

Title: OPTICAL SWITCH AND OPTICAL SWITCH SYSTEM

Group:

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

January 29, 2004

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2003-076766 filed March 20, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

  
\_\_\_\_\_  
Melvin Kraus  
Registration No. 22,466

MK/nac  
Attachment  
(703) 312-6600

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日      2003年  3月20日  
Date of Application:

出願番号      特願2003-076766  
Application Number:

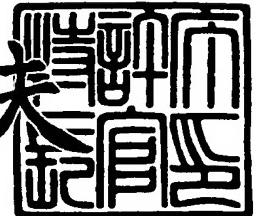
[ST. 10/C] :      [JP2003-076766]

出願人      株式会社日立製作所  
Applicant(s):

2004年  1月  8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 1502009511  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G02B 26/00  
【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社 日立製作所  
機械研究所内

【氏名】 風間 敦

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社 日立製作所  
機械研究所内

【氏名】 福田 和之

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光スイッチ及び光スイッチシステム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えたコリメータアレイと、

前記コリメータアレイの第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、

前記ミラーアレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、

前記第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーと、

前記第二のミラーを出た光が連絡する前記コリメータアレイの第二のコリメータと、を備え、

前記第二のミラーから出た光が前記第一のミラーと前記ミラーアレイとを経由して前記第二のコリメータに光学的に連絡するよう形成されたことを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 光ファイバに連絡される光射出部を複数備えた入力部と、

前記光射出部から射出された光が照射される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、

前記ミラーアレイのミラーから出た光が照射される第一ミラーと、

前記第一のミラーから出た光が照射される第二のミラーと、

光ファイバに連絡する光受光部を複数備えた出力部と、を備え、

前記第二のミラーから出た光が前記第一のミラーと前記ミラーアレイとを経由して前記出力部の中の選択された光受光部に照射されるよう配置されたことを特徴とする光スイッチ。

【請求項3】 請求項1において、前記第一のミラーと前記第二のミラーは固定ミラーであることを特徴とする光スイッチ。

【請求項4】

光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えたコリメータアレイと、

前記コリメータアレイの第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、

前記ミラー・アレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、  
前記第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーと、  
前記第二のミラーを出た光が連絡する前記コリメータ・アレイの第二のコリメータ  
と、を備え、  
前記第一のミラーと第二のミラーとの間の前記光の光路は前記コリメータの長手  
方向における前記コリメータと前記光ファイバとの連絡部よりも前記光ファイバ  
側に位置する領域を含むよう形成されることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項5】

請求項4において、前記ミラー・アレイと前記第一のミラーは前記コリメータの長  
手方向における前記コリメータと前記光ファイバとの連絡部よりも前記コリメータ  
側に配置されるよう形成されることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項6】

光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えたコリメータ・アレイと、  
前記コリメータ・アレイの第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動  
ミラーを複数備えたミラー・アレイと、  
前記ミラー・アレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、  
前記第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーと、  
前記第二のミラーを出た光が連絡する前記コリメータ・アレイの第二のコリメータ  
と、を備え、  
前記ミラー・アレイと前記第一のミラー間の光路方向に平行な方向に見て、前記第  
一のミラーと前記第二のミラー間の光路は前記コリメータ・アレイと重なる領域を  
含むよう配置されることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項7】

請求項1において、前記ミラー・アレイの可動ミラーと前記第一のミラーとの光路  
よりも前記第一のミラーと前記第二のミラー間の光路が長くなるよう形成されること  
を特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項8】

請求項1において、ベースと、前記ベースに設置された第一の支持体を備え、前  
記第一の支持体に前記コリメータ・アレイと前記ミラー・アレイとが設置されること

を特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項9】

請求項1において、前記ミラーアレイから前記第一のミラーが配置された方向に沿って配置される前記コリメータの配列数は前記方向に直交する方向に沿って配置される前記コリメータの配列数より少なく形成されることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項10】

請求項8において、前記ベースに設置された第二の支持体を備え、前記第二の支持体に前記第二のミラーが設置され、第一の支持体と第二の支持体との間の領域のベースに外部からミラーに電圧を印加する複数のコネクタが設置されることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項11】

ボードと、

前記ボード上に複数の光ファイバが連絡され、第一の光ファイバから入力された光を可動ミラーを駆動して選択された第二の光ファイバに出力する光スイッチと、

入力された光を選択された前記第二の光ファイバに出力するよう前記可動ミラーの傾きを制御する制御ICと、を備え、

前記、光スイッチは、前記光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えたコリメータアレイと、

前記第一の光ファイバに連絡する第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される前記可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、

前記ミラーアレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、

前記第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーと、

前記第二のミラーを出た光が連絡する前記第二の光ファイバに連絡する第二のコリメータと、を備え、

前記第二のミラーから出た光が前記第一のミラーと前記ミラーアレイとを経由して前記主力コリメータに光学的に連絡するよう形成されることを特徴とする光スイッチシステム。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

複数のファイバーを伝送する光信号の接続を切替える光スイッチおよび光スイッチをそなえる光スイッチシステムに関する。

**【0002】****【従来の技術】**

光ファイバを用いた光通信においては、 $N \times N$ の光スイッチ、すなわち、N個の入力ポートに光ファイバを通して送られてきた光信号のうちの任意の1つを、N個の出力ポートのうちの1つに接続でき、これらの接続を切替えることのできる装置が用いられる。

**【0003】**

三次元（あるいは空間型）光マトリクススイッチと呼ばれるスイッチの一般的な構成では、光信号を光ビームにして空間に射出するためのコリメータを複数アレイ状に配列したコリメータアレイと、通常MEMS(Micro Electro-mechanical System)技術を用いて製造される複数の可動マイクロミラーをアレイ状に配列したマイクロミラーアレイの組を、入力側と出力側にそれぞれ配置する。入力側のコリメータから出たビームは、2つのマイクロミラーにより方向を制御され、出力側の任意のコリメータに導かれる。

**【0004】**

ファイバアレイとMEMSミラーアレイを備え、光路の中間点に折り返しミラーを配置した形態については、特開2002-169107号公報に開示されており、構成の簡略化により光学部品の容易な実装を図ろうとしている。また、2002年電子情報通信学会通信ソサイティ大会予稿集B-12-4 (p. 444) 「小型・組立簡易 3次元MEMS光スイッチファブリックの開発」に記載もルーフトップ型の折り返しミラーを配置した形態について開示されている。

**【特許文献1】**

特開2002-169107号公報

### 【非特許文献1】

2002年電子情報通信学会通信ソサイティ大会予稿集B-12-4 (p. 44)

4) 「小型・組立簡易 3次元MEMS光スイッチファブリックの開発」

### 【0005】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記従来技術では、光スイッチの十分な小型化を図ることはできなかった。三次元光マトリクススイッチの小型化のためには、スイッチを構成する部品やビーム伝播のための空間を効果的に配置する必要がある。

### 【0006】

三次元光マトリクススイッチの設計において、コリメータレンズの能力から決まる最大光路長の制限と、MEMSミラーデバイスの最大振り角の制限の中で、効率よく多くのチャンネルを結合するために、実際に光路の切替に使用される光路域である入力ミラーから出力ミラーまでの光路長ができるだけ長くできるようになるため、この部分の光路スペースをどう配置するかが一つのポイントになることを本発明者らは検討した。

### 【0007】

また、ファイバは、光の伝送損失を防止するために十分緩やかなカーブ（通常R 3 cm以上）を保って引き回される必要があり、ファイバの引き出し方向によっては、その引き回しに比較的大きなスペースが必要になる。

### 【0008】

前述の従来技術の三次元光スイッチでは、入出力ミラー間の光路と、ファイバ引き出し方向がほぼ直交した構成となっているため、例えばこれを直方体のパッケージに収めようとすると、パッケージ内のデッドスペースが大きくなってしまう。

### 【0009】

そこで、本発明の目的は、上記のような課題を克服し、構成部品を効率よく配置し、小型あるいは薄型の光スイッチを提供することである。

### 【0010】

#### 【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決するために、例えば以下の構成を有する。

これにより、3次元に切替える多数の入出力ファイバが連結される場合であっても、小型化・薄型化した光スイッチを提供できる。

(1) 光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えたコリメタアレイと、前記コリメタアレイの第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、前記ミラーアレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、前記第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーと、前記第二のミラーを出た光が連絡する前記コリメタアレイの第二のコリメータと、を備え、前記第二のミラーから出た光が前記第一のミラーと前記ミラーアレイとを経由して前記第二のコリメータに光学的に連絡するよう形成されたことを特徴とする光スイッチである。

(2) また、光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えたコリメタアレイと、前記コリメタアレイの第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、前記ミラーアレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、前記第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーと、前記第二のミラーを出た光が連絡する前記コリメタアレイの第二のコリメータと、を備え、前記第一のミラーと第二のミラーとの間の前記光の光路は前記コリメタの長手方向における前記コリメータと前記光ファイバとの連絡部よりも前記光ファイバ側に位置する領域を含むよう形成されることを特徴とする光スイッチである。

#### 【0011】

例えば、入力コリメタアレイとミラーアレイ間と第一ミラーと第二ミラー間の光路が逆でほぼ平行になるような配置ができる

または、前記ミラーアレイと前記第一のミラーは前記コリメタの長手方向における前記コリメータと前記ファイバとの連絡部よりも前記コリメタ側に配置されるよう形成されることが好ましい。

(3) または、前記ミラーアレイと前記第一のミラー間の光路方向に平行な方向に見て、前記第一のミラーと前記第二のミラー間の光路は前記コリメタアレイと重なる位置に形成されることを特徴とする光スイッチである。

### 【0012】

また、前記ミラーアレイの可動ミラーと前記第一のミラーとの光路より前記第一のミラーと前記第二のミラー間の光路が長くなるよう形成されることが好ましい。また、前記コリメータと前記ミラーアレイの可動ミラーとの光路より前記第一のミラーと前記第二のミラー間の光路が長くなるよう形成されることが好ましい。

(4) また、光スイッチシステムとしては、ボードと、前記ボード上に複数の光ファイバが連絡され、第一の光ファイバから入力された光を可動ミラーを駆動して選択された第二の光ファイバに出力する前述したいずれかの光スイッチと、入力された光を選択された前記第二の光ファイバに出力するよう前記可動ミラーの傾きを制御する制御ＩＣと、を備える。

### 【0013】

本発明により、ビームの光路を折り曲げることで、筐体内のデッドスペースを小さくし、小型あるいは薄型の光スイッチを実現できる。

### 【0014】

例えば、本発明の光スイッチでは、コリメータアレイの任意の入力コリメータと任意の出力コリメータ間で光ビームを結合することができる。入力コリメータから射出されたビームはマイクロミラーアレイの対応する入力マイクロミラーにより反射され、第一のミラーを経て第二のミラーから第一のミラーを経由してマイクロミラーアレイの出力コリメータに対応する出力マイクロミラーに反射され、出力コリメータに入射する。入力マイクロミラーはビームが出力マイクロミラーに正しく入射するように、また、出力マイクロミラーはビームが出力コリメータに正しく入射するように、それぞれ角度を制御することができる。

### 【0015】

また、コリメータアレイからミラーアレイまで、或はミラーアレイから第1のミラーまでの光路と比べて、第1のミラーから第2のミラーまでの光路が長くなるように配置することで、筐体の高さをおさえて薄型の光スイッチを実現でき、また第1のミラーから第2のミラーまでの光路の下の、コリメータの裏のスペースを、ファイバを引き回して束ねるスペースに活用できる。

### 【0016】

#### 【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施例を添付図面を用いて説明する。

### 【0017】

図1は本発明の第1の実施例を示す断面模式図である。本発明の光スイッチ1は、ファイバ2を伝播する光をビームにして射出できるコリメータ3が複数配列してなるコリメータアレイ4と、ビームの反射方向を制御できる可動のマイクロミラー5が複数配列してなるマイクロミラーアレイ6と、第1の固定ミラー7、および第2の固定ミラー8を有し、コリメータアレイ4の任意の2つのコリメータ間で光信号を結合することができる。説明のため、図1中に示すように図面の奥行き方向をX、高さ方向をY、長さ方向をZとする。図1の実施例は、コリメータ3がY方向に2列配列した場合の例を示しており、X方向にも複数のコリメータ3が配列している。例えば8列あるとすると、コリメータ3の数は16である。マイクロミラーアレイ6のマイクロミラー5は、コリメータ3から射出されたビームが入射する位置に、各コリメータ3に対応して配列している。

### 【0018】

本発明の光スイッチは、コリメータアレイ4のうちの任意の2つのコリメータを、入力コリメータ3aおよび出力コリメータ3bとし、入力コリメータ3aと出力コリメータ3bとの間で光信号を結合することができるものである。結合は、入力コリメータ3aから射出されたビーム9が、マイクロミラーアレイ6の入力コリメータ3aに対応する入力マイクロミラー5aに反射され、次に第1の固定ミラー7に反射され、第2の固定ミラー8に反射し、再び第1の固定ミラー7に反射して、マイクロミラーアレイ6の出力コリメータ3bに対応する出力マイクロミラー5bに反射され、出力コリメータ3bに入射して達成される。ビームがマイクロミラー5bに正しく入射するように入力マイクロミラー5aの角度を調節し、また、ビームが出力コリメータ3bに正しく入射するように出力マイクロミラー5bの角度を調節する。なお、図1中の入出力コリメータの選び方は一例であり、X方向に配列するものも含めてさまざまに選択できる。前記のような構成では、入出力の組合せが多いいため、多数の切替えに対応できるが、入力側と出力側の

コリメータ群が既に決まっているものであってもよい。

### 【0019】

ここで第2の固定ミラー8は、光路を中間点で折り返すために設置されており、これにより、マイクロミラーおよびコリメータを、それぞれ入出力一体とすることができる。

### 【0020】

第1の固定ミラー7は、マイクロミラーアレイ6から第2の固定ミラー8までの光路をさらに折り曲げることにより、できるだけ小さな空間の中に光路を収めることができる。

### 【0021】

図2は、本発明の第1の固定ミラー7にあたる部品を持たない比較例の光スイッチ101の断面模式図を示している。ビーム109の方向の切替に用いられるのは、光路中の入力マイクロミラー105aと出力マイクロミラー105bの間の部分であるため、限られたミラーの最大振り角と光路長の中で、できるだけ多くのチャンネルの結合を得るために、入出力ミラー間の光路長をできるだけ長く、その分コリメータ103からマイクロミラー105までの光路を短くすることが好ましい。図2に示した比較例の光スイッチでは、光路を長くとりたい入出力マイクロミラー間（マイクロミラーアレイ106と折り返し固定ミラー107との間）の光路と、コリメータ103およびファイバ102の軸方向が直交したレイアウトになってしまふ。この構成を筐体108内に収めるレイアウトはさまざま考えられるが、ボックス状の筐体に収めようとすると、筐体内に発生するデッドスペースが大きくなり、小型の光スイッチを実現しにくい。

### 【0022】

図1に示した本発明の光スイッチでは、第1の固定ミラー7により光路を折り曲げて、第1の固定ミラー7から第2の固定ミラー8までの光の進路方向が、コリメータアレイ4からマイクロミラーアレイ6までのそれとほぼ平行逆向きになるようにすることで、光スイッチの筐体10内のデッドスペースを小さくし、小型の光スイッチを実現できる。

### 【0023】

第1の固定ミラー7は、第1の固定ミラー7で反射されたビームがコリメータアレイ4にぶつからない範囲でマイクロミラーアレイ6の近くに配置し、第1の固定ミラー7から第2の固定ミラー8までの光路が長くなるようにすることで、筐体10の高さをおさえて薄型にでき、またコリメータアレイ4の後ろのスペースをにファイバ2の引き回しに用いることで、ファイバ2を束ねて一ヶ所から筐体10外に引き出すことができ、引き出し部の封止が容易になり、ファイバ2の光スイッチ筐体外部での引き回しも容易になるなどし、そうした点で、筐体10内部のスペースが有効活用される。

#### 【0024】

上記のような光路構成をとる限りは、コリメータアレイ4、マイクロミラーアレイ6、第1の固定ミラー7の相対的な位置関係はどのようにしてもよいが、図3に示すように、マイクロミラー5を動作しない状態において、マイクロミラー5におけるビームの反射角度12が約90度で、第1の固定ミラーにおけるビームの反射角度13も約90度となるように配置を決定することにより、上記の光路はより自然に実現される。

#### 【0025】

マイクロミラー5には、MEMS (Micro Electromechanical System) 技術を用いて製作される静電駆動ミラーなどを用いることができる。静電駆動ミラーの場合、マイクロミラーアレイ6のミラー駆動用電極に外部から電圧を印加するために、例えばフレキシブル配線板11を用いてマイクロミラーアレイ6から光スイッチ筐体外部に設置した制御系に電気的に接続することができる。また、ファイバ2のコリメータと反対側の端部には、通信システムに接続するための光コネクタを取り付けることができ、必要に応じて、出力コリメータに接続するファイバの先に、光ビームを部分的に取り出すための光カプラと、光強度を検出するためのフォトダイオードを接続して、光信号の強度をモニタするようにすることができる。モニタした信号強度の情報をマイクロミラー5の制御にフィードバックすることで、信号強度をリアルタイムに一定に保つようにすることもでき、チャンネルごとの信号強度のばらつきをなくし、また信号強度を安定化して信頼性の高い光スイッチシステムを実現できる。

### 【0026】

このように、第二のミラーに行く光と第二のミラーから来る光が共に第一のミラーを経るよう配置されていることが好ましい。

### 【0027】

例えば、光ファイバに連絡される光射出部（例えばコリメータ）を複数備えた入力部（例えばコリメータアレイ）と、光射出部から射出された光が照射される可動ミラー（例えばマイクロミラー5）を複数備えたミラーアレイ（例えばマイクロミラーアレイ6）と、そのミラーアレイのミラーから出た光が照射される第一ミラー（例えば、第一の固定ミラー7）と、第一のミラーから出た光が照射される第二のミラーと（例えば、第二の固定ミラー）、光ファイバに連絡する光受光部を複数備えた出力部と、を備え、第二のミラーから出た光が第一のミラーとミラーアレイとを経由して出力部の中から選択された光受光部に照射されるよう配置された形態を有する。また具体的な形態として、光ファイバ2に連絡されるコリメータ3を複数備えたコリメータアレイ4と、コリメータアレイ4のある第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動ミラーであるマイクロミラー5を複数備えたマイクロミラーアレイ6と、ミラーアレイ6のミラー5から出た光が光学的に連絡される第一のミラーとしての第一の固定ミラー7と、第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーとしての第二の固定ミラー8と、第二のミラーを出た光が連絡するコリメータアレイ4の第二のコリメータと、を備え、第二の固定ミラー8から出た光が第一の固定ミラー7、そしてマイクロミラーアレイ6とを経由して前記第二のコリメータに光学的に連絡するよう形成される形態をとることにより、3次元に切替える多数の入出力ファイバが連結される場合であっても、小型化・薄型化した光スイッチを提供できる。

### 【0028】

入力ミラー出力ミラー間の光路十分な距離をとるようにする。また、入出力ファイバ接続部はある程度スペース要である。このため、ミラーを介して入出力レンズと折返しミラーが略直交配置/ミラーを介して入力レンズと出力レンズが略直交配置するように配置されることが好ましい。

### 【0029】

前記出力部と入力部が明確に区別されている場合だけでなく、入力部と出力部の機能を兼ね備えた入出力部が形成されていてもよい。これにより、3次元に切替える多数の入出力ファイバが連結される場合であっても、小型化・薄型化した光スイッチを提供できる。

### 【0030】

また、第一のミラーである第一の固定ミラー7と第二のミラーである第二の固定ミラー8との間の光路はコリメータ3の長手方向におけるコリメータ3と光ファイバ2との連絡部よりも光ファイバ2側に位置する領域を含むよう形成されることが好ましい。また、マイクロミラーアレイ6と第一の固定ミラー7はコリメータ3の長手方向におけるコリメータ3とファイバ2との連絡部よりもコリメータ側に配置されるものであることが好ましい。

### 【0031】

例えば、入力コリメータアレイとミラーアレイ間と第一ミラーと第二ミラー間の光路が逆でほぼ平行になるような配置ができる。具体的には、例えば、マイクロミラーアレイのマイクロミラーを動作しない状態で、前記コリメータアレイから前記マイクロミラーアレイまでのビーム伝播方向と、前記第1の固定ミラーから前記第2の固定ミラーまでのビーム伝播方向を、ほぼ平行逆向きにする。ほぼ平行とは製造誤差により平行から外れる程度を含むものである。

### 【0032】

また、コリメータアレイからマイクロミラーアレイまでのビームの進行方向と、第1の固定ミラーから第2の固定ミラーまでのビームの進行方向が、ほぼ平行逆向きになるようにすることより、第1の固定ミラーと第2の固定ミラー間の光路と、コリメータおよびコリメータから引き出されるファイバが同一方向に整列し、光スイッチの筐体内部のデッドスペースを小さくして小型の光スイッチが実現できる。

### 【0033】

見方を変えると、マイクロミラーアレイ6と第一の固定ミラー7間の光路方向に平行な方向に見ると、第一の固定ミラー7と第二の固定ミラー8間の光路は前記コリメータアレイ4と重なる位置に形成されることが好ましい。

### 【0034】

また、マイクロミラーアレイ6の可動ミラーであるマイクロミラー5と第一の固定ミラー7との光路より第一の固定ミラー7と第二の固定ミラー8間の光路が長くなるよう形成される。

### 【0035】

なお、この光路は各ミラー間の最長光路に基づいて測定することができる。

### 【0036】

また、コリメータとマイクロミラーアレイの可動ミラーとの光路より第一の固定ミラーと第二の固定ミラー間の光路が長くなるよう形成されるようにすることもできる。

### 【0037】

また、コリメータアレイからマイクロミラーアレイまで、およびマイクロミラーアレイから第1の固定ミラーまでの光路と比べて、第1の固定ミラーから第2の固定ミラーまでの光路が長くなるように配置することで、筐体の高さをおさえ薄型の光スイッチを実現でき、また第1の固定ミラーから第2の固定ミラーまでの光路の下の、コリメータの裏のスペースを、ファイバを引き回して束ねるスペースに活用できる。

### 【0038】

また、前述において言及したが、前記マイクロミラーアレイおよび前記第1の固定ミラーにおいてビームが約90度の角度で反射し、前記第2の固定ミラーにおいてビームが約180度の角度で反射するように前記コリメータアレイ、前記マイクロミラーアレイ、前記第1の固定ミラーおよび前記第2の固定ミラーが配置されていることが好ましい（マイクロミラーアレイのマイクロミラーが動作していない状態で計測するものとすることができる）。

### 【0039】

なお、前記実施例では、ミラーアレイからの光が第一のミラーを経て第二のミラーに至り、第二のミラーからの光が再度第一のミラーを経てミラーアレイに至る形態を示したが、複雑化のデメリットが生じるが、入力側コリメータと出力側コリメータとに分けて設置し、ミラーアレイの可動ミラーの振り角幅を小さくす

る観点から、第二のミラーから第一のミラーの代わりに第三のミラーを経てミラー・アレイに至るよう形成することもできる。

#### 【0040】

上記のような周辺部品を含めた光スイッチシステム20を、例えば図4の模式図に示すように構成できる。マイクロミラーを制御するための制御IC21やアンプIC22などを実装し、それらをつなぐ配線23を有するボード24上に、光スイッチ25を搭載し、さらに光カプラ26やフォトダイオード27も実装して、一枚のボード24上にシステムを実現する。ファイバ28は光コネクタ29を介して光通信系に接続できる。また、電源供給線30、高圧電源供給線31、制御信号線32などが外部から接続される。なお、図4の例は2×2スイッチの場合であるが、チャンネル数はそれに限ったものではない。また、光カプラ26およびフォトダイオード27に代えて、両者を一体化したタップを用いることにより集積度を向上できる。

#### 【0041】

上記のような光スイッチシステム20を上位の光通信システムに搭載する際には、光通信システムのラックにボードを並列に配置することが考えられる。その際には、ボード上の部品の高さを低くすることで、ラックに搭載できるボードの枚数を増やすことができる。光スイッチシステムの中で、光スイッチ1は他の部品に比べて高くなると考えられるので、光スイッチ1はできるだけ薄型であることが望ましい。

#### 【0042】

このように、MEMSミラーを用いたスイッチシステムでは、MEMSミラーを駆動するための制御ICやアンプICなどを実装したボードを備えている。また、光出力を検出してフィードバック制御を行うためにフォトディテクタ(PD)や光カプラなども実装する必要がある場合もある。本実施例の光スイッチを用いることにより、こうしたボード上に光スイッチ本体のパッケージも搭載して一つのボード上にシステムを構築するのに好適である。その際に光スイッチ本体だけが高さのあるパッケージであると、本ボードが搭載される上位システムのラックのスペースを占有してしまうが、その点でも、本実施例の光スイッチを用いる

ことにより薄型のパッケージにすることが容易である。

#### 【0043】

このように、光スイッチシステムとしては、ボードと、前記ボード上に複数の光ファイバが連絡され、第一の光ファイバから入力された光を可動ミラーを駆動して選択された第二の光ファイバに出力する前述したいずれかの光スイッチと、入力された光を選択された前記第二の光ファイバに出力するよう前記可動ミラーの傾きを制御する制御ICと、を備え、前述した形態を有する光スイッチを備えることにより、小型化或は薄型化を図ることができる光スイッチシステムを形成できる。

#### 【0044】

好ましくは、前述のように、入力する光或は出力する光の一部を分岐して取出す光カプラ26と、光カプラ26で分岐された前記光を受光するフォトダイオード27と、を備え、制御ICはフォトダイオード27からの信号に基づいてミラーの傾きを補正するために印加電圧などの制御を行うことが好ましい。

#### 【0045】

本実施例で示した形態は前述のように薄型の光スイッチを実現するのに適している。さらに、2次元的に配列したコリメータ3の2方向の配列数を不均一にし、配列数が少ない方向を、マイクロミラーアレイ6によって反射されたビームが進む方向と一致させることにより、より薄型の光スイッチが実現できる。図1においては、X方向の配列数に対してY方向の配列数を小さくする。さらに、望ましくは、小さいほうの配列数を2ないし1にすることで、例えば10mm前後の高さの光スイッチが実現できる。

#### 【0046】

本発明の実施例の光スイッチの具体的な組立方法について説明する。図5は本発明の光スイッチの組立構造の一例を示す平面模式図である。また、図5の断面A-Aにおける断面模式図を図6に示す。本例では、コリメータ3を保持してコリメータアレイ6を形成するための構造部品であるコリメータアレイブロック40に、マイクロミラーアレイ6および第1の固定ミラー7を直接設置することで、コリメータ3、マイクロミラー5および第1の固定ミラー7間の相対位置決め

および固定を行う。図5の平面図に示すように、コリメータアレイブロック40は、中央部にコリメータ3を配列し、周辺部でマイクロミラーアレイ6、第1の固定ミラー7との位置決めを行う。図6の断面図に示すように、コリメータアレイブロック40には、マイクロミラーアレイ6に接してその面方向を決定するための第1の斜面41と、同じく第1の固定ミラー7に接してその面方向を決定するための第2の斜面42を有する。

#### 【0047】

マイクロミラーアレイ6の各マイクロミラー5は、コリメータアレイ4の対応する各コリメータ3から射出されたビームが正しく入射するように位置決めされなければならない。本例では、ガイドピン43を用いて両者を位置決めする。そのため、マイクロミラーアレイ6には位置合わせ用貫通孔44を形成し、この位置決め用貫通孔44にガイドピン43を通すことで位置決めを行う。マイクロミラーアレイ6の固定は、マイクロミラーアレイ6に接する第3の斜面を有する押さえブロック45と、コリメータアレイブロック40によりマイクロミラーアレイ6をはさみ、ガイドピン43先端にねじを形成しておいて、ナット46を用いて締め付けるなどして実現される。ガイドピン43はコリメータ3の光軸と同一方向に設置され、よって、マイクロミラーアレイ6はガイドピン43に対して、例えば45度などの角度で斜めに位置合わせされる。この構成により、ガイドピン43やナット46のために光スイッチの高さが高くなるということがない。また、マイクロミラーアレイ6の位置合わせを容易にするために、ガイドピン43をマイクロミラーアレイ6と垂直になる方向に設置してもよい。

#### 【0048】

マイクロミラーアレイ6は、例えば静電駆動ミラーを用いる場合には、可動のマイクロミラー構造を形成したミラー基板47と、マイクロミラーを駆動するための電極が配置された電極基板48と、マイクロミラーと電極の間のギャップを形成するためのスペーサ基板49をそれぞれ積層することで構成することができる。マイクロミラー5は、ビームをX、Y両方向に振ることができるように、2つの軸まわりに回転できる構造にする。Y方向の配列数が1の場合は、原理的にはX方向のみの1軸可動のマイクロミラーで可能であるが、位置合わせ誤差や熱

変形による光路のずれなどが発生しても、ビーム方向を正しく制御できるようするため、Y方向にも振ることのできる2軸可動のマイクロミラーを用いることが望ましい。静電駆動ミラーの具体的構成例については、特願2002-114099に詳しく記載している。ミラー基板47、電極基板48、スペーサ基板49それぞれに位置合わせ用貫通孔44を形成し、ガイドピン43に対して位置決めを行う。

#### 【0049】

本実施例の形態を適用しない三次元光マトリクススイッチでは、マイクロミラーアレイとコリメータアレイを、光ビームの入射位置を見ながらアクティブに調芯する必要のあるもののが多かったが、本発明の光スイッチでは、上記の位置決め方法によりパッシブに位置決めが可能である。高さ方向（Y方向）の配列数を小さくすることにより、薄型にできるだけでなく、コリメータ3とマイクロミラー5間の距離の最大値を小さくすることができるため、両者の位置合わせ精度への要求を緩和でき、上記したようなパッシブな位置合わせ方法を適用しやすくなる効果もある。

#### 【0050】

第1の固定ミラー7は、面の角度を、任意のチャンネル間で結合を実現するためのマイクロミラー5の振り角がその最大振り角の能力を越えない程度に位置合わせされればよく、設置する位置には高精度を必要としない。そのため、第2の斜面42に接するように設置されればよく、第2の斜面42に直接接着するなどして固定してよい。

#### 【0051】

第2の固定ミラー8は、例えば図6に示すように、固定ミラー取付ブロック50に接着して、この固定ミラー取付ブロック50とコリメータアレイブロック40を共通のベース51上に設置することで、位置決めすることができる。第2の固定ミラー8の面方向は、任意のチャンネル間で結合を実現するためのマイクロミラーの振り角が、その最大振り角の能力を越えない程度に位置合わせされればよく、例えばベース51上に形成した第1の押し当て面52および第2の押し当て面53にコリメータアレイブロック40および固定ミラー取付ブロック50を

押し当てることで位置決めできる。必要に応じて、ビームの光路を見ながらアクティブに位置を決めてよい。

#### 【0052】

第1の固定ミラー7と第2の固定ミラー8間の光路スペースの直下で、コリメータアレイ3のビーム射出方向とは反対側のスペースを有効に利用することで、より本発明の光スイッチの利便性を高めることができる。

#### 【0053】

まず、コリメータ3から引き出されたファイバ2は、上記スペースで引き回して束ねて筐体外部に引き出すことができる。光スイッチをパッケージングする筐体は、下面に設置されるベース51と、例えば側面および上面を覆うカバー54を用いて構成することができる。マイクロミラー5の動作の安定性のため、筐体内部にごみや水分が侵入しないように封止されていることが望ましい。ファイバ2は、例えばカバー54あるいはベース51に設置したファイバ取出し口55から筐体54外部へ引き出すことができる。一箇所から引き出せることで、ファイバ取り出し口55での封止が容易になり、また筐体外部でのファイバ2の引き回しも容易になる。

#### 【0054】

さらに、図5および図6に示すように、マイクロミラー5を駆動する電圧を筐体外部から供給するための電気インターフェースとなるコネクタピン56を上記スペースに配置することができる。コネクタピン56がベース51の下面から突き出る構成とすることにより、配線ボードに本光スイッチを直接挿し込むことができるため実装が容易になり、図4に示したような光スイッチシステムを構成するのに有利になる。コネクタピン56と、マイクロミラーアレイ6の電極基板48との間の電気的接続は、例えばフレキシブル配線板57を用い、コリメータアレイブロック40の下面に形成した隙間を通して接続することができる。

#### 【0055】

このように、ベース51と、ベース51に設置された第一の支持体としてコリメータアレイブロック40を備える。この第一の支持体にコリメータ3を複数備えたコリメータアレイとマイクロミラーアレイ6とが設置される。このため、高

精度の位置合わせが必要であったコリメータアレイとミラーアレイの位置合わせを精度良く合わせるのが簡便にできる。さらには、前記第一の支持体に第一のミラーである第一の固定ミラー7が設置されるのが好ましい。さらには、ベース51には第一の支持体と別体の第二の支持体が設置されることができる。この第二の支持体として例えば固定ミラー取り付けブロックがあり、第二のミラーである第二の固定ミラー8が設置される。このようにすることにより、距離があるので構造体が複雑になることを抑制して簡易な構造を構成することができる。

#### 【0056】

また、アレイ状にコリメータが配列し、ミラーアレイと第一ミラーの間の光路方向の数より、それと直交する方向の数が多くなるようにすることが好ましい。

#### 【0057】

また、第一の支持体と第二の支持体との間の領域のベース51に外部からミラーに電圧を印加する複数のコネクタが設置されることが好ましい。例えば、複数のコネクタは間隔を介して複数のコネクタグループが配置され、各コネクタグループの間の領域に前記コリメータに連絡する光ファイバが配置されるようになることができる。また、ミラーアレイとコネクタとの連絡経路が第一の支持体とベース間の間隙を通るよう配置されることが好ましい。

#### 【0058】

上記した、本発明の光スイッチの組立構造の一例を示す斜視図を図7に示す。図7では、フレキシブル配線板57とファイバ2の大部分、およびカバー54は省略している。コリメータアレイブロック40は、第1の固定ミラー7から第2の固定ミラー8の間の光路を干渉しないように、中央部がえぐれた形状にする。

#### 【0059】

図7の例は、コリメータ3のX方向配列数が9、Y方向配列数が2で、合計18チャンネルとしたときの例である。本例の光スイッチでは、18チャンネルを任意に入力チャンネルと出力チャンネルに振り分けることができ、たとえば、 $8 \times 8$ （予備2）、 $1 \times 16$ （予備1）、 $2 \times 16$ 、 $2 \times 2$ を4基（予備2）、 $1 \times 2$ を9基などのさまざまな構成の光スイッチを同一の構造で実現することができる。

### 【0060】

特に、コリメータアレイのコリメータは2次元的に配列しており、前記マイクロミラーから前記第1の固定ミラーまでのビーム伝播方向に等しい方向の配列数が、それと直交する方向の配列数に比べて小さくなるよう配置することが好ましい。

### 【0061】

また一例としては、前記コリメータアレイのコリメータは2次元的に配列しており、前記マイクロミラーから前記第1の固定ミラーまでのビーム伝播方向に等しい方向の配列数が、1または2であることができる。

### 【0062】

図8は、本発明の第2の実施例を示す断面模式図である。図1に示した第1の実施例では、光路の中間点で第2の固定ミラーを用いて光路を折り返したが、本実施例の光スイッチ60では、光路を折り返さずに、出力側にもコリメータアレイ、マイクロミラーアレイ、固定ミラーを設置する。すなわち、入力コリメータアレイ61の任意の入力コリメータ62と出力コリメータアレイ63の任意の出力コリメータ64間を結合するときの光路は、入力コリメータ63から出たビーム65が入力マイクロミラーアレイ66の対応する入力マイクロミラー67で反射され、次に入力固定ミラー68で反射され、出力固定ミラー69で反射され、出力マイクロミラーアレイ70の出力コリメータ64に対応する出力マイクロミラー71に反射され、出力コリメータ64に入射するというように構成される。本構成では、第1の実施例と比較して、最大光路長、コリメータの配列、マイクロミラーの最大振り角などが同一のとき、結合可能なチャンネル数を増加できる。一方で、光スイッチはZ方向にサイズが拡大し、また、一方のコリメータアレイ内の2つのコリメータ間で結合することはできない。

### 【0063】

本構成においても、第1の実施例について図5～図7で説明したような組立構造を実施できる。すなわち、入出力それぞれで、コリメータアレイとマイクロミラーアレイと固定ミラーをコリメータアレイブロックを用いて位置合わせ・固定し、入出力のコリメータアレイブロックを共通のベースに形成した押し当て面に

押し当てるなどして位置合わせすることができる。ファイバについては、入力コリメータアレイと出力コリメータアレイの間のスペースで引き回して、入力ファイバ72と出力ファイバ73と一緒に束ねて筐体74外部に引き出すことができる。また、マイクロミラー駆動用の電圧を外部から印加するために、フレキシブル配線板75を用いて、筐体74外部に引き出すことができるが、入力コリメータアレイ61と出力コリメータアレイ63の間のスペースに筐体下面に突き出すコネクタピンを設置して、コネクタピンと入出力それぞれのマイクロミラーアレイとをフレキシブル配線板75で接続し、コネクタピンからミラー駆動用の電圧を印加できるようにすることができる。

#### 【0064】

このように、折り返しミラーを設けない場合は、入力側に、光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えた入力側コリメータアレイと、前記コリメータアレイの第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、前記ミラーアレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、を備え、出力側に、光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えた出力側コリメータアレイと、前記コリメータアレイの第二のコリメータに光学的に連絡される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、前記ミラーアレイのミラーに光学的に連絡される第二のミラーと、を備え、前記第一のミラーを出た光が第二のミラーに照射されるよう配置されることが好ましい。

#### 【0065】

また、第一のミラーと第二のミラーとの間の前記光の光路は前記入力側或は出力側のコリメータの長手方向における前記コリメータと前記光ファイバとの連絡部よりも前記光ファイバ側に位置する領域を含むよう形成されることが好ましい。

#### 【0066】

また、例えば、入力側のミラーアレイと前記第一のミラー間の光路方向に平行な方向に見て、前記第一のミラーと前記第二のミラー間の光路は前記コリメータアレイと重なる位置に形成されることが好ましい。

#### 【0067】

また、例えば、入力側の前記ミラーアレイの可動ミラーと前記第一のミラーとの光路より前記第一のミラーと前記第二のミラー間の光路が長くなるよう形成されることが好ましい。

#### 【0068】

また、入力側或は出力側のモジュールは図5-7のように、ベースと、前記ベースに設置された第一の支持体のような入力側用及び出力側用の各支持体を備え、前記第一の支持体に前記コリメータアレイと前記ミラーアレイとが設置される。このような支持体を入力側と出力側に各々設ける。さらに好ましくは、入力側の支持体には第一のミラー、出力側の支持体には第二のミラーを搭載する形態であることが好ましい。

#### 【0069】

また、両支持体間の領域のベースに外部からミラーに電圧を印加する複数のコネクタが設置されることが好ましい。

#### 【0070】

このように、ビームを光路の中間点で折り返さず、コリメータアレイ、マイクロミラーアレイおよび固定ミラーの組を入出力それぞれに設ける構成にする構成では、前述の構成と比較して、最大光路長、コリメータの配列、マイクロミラーの最大振り角などが同一のとき、結合可能なチャンネル数を増加できる。また本構成においても、前述の構成と同様に、小型あるいは薄型の光スイッチを実現できる。

#### 【0071】

##### 【発明の効果】

本発明により、小型あるいは薄型の光スイッチを提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である光スイッチの構成を示す断面模式図。

【図2】比較例の光スイッチの構成を示す断面模式図。

【図3】本発明の一実施形態である光スイッチにおいてマイクロミラーが動作しない状態でのビーム光路を示す断面模式図。

【図4】本発明の光スイッチを搭載した光スイッチシステムの一例を示す斜視模

式図。

【図5】本発明の一実施形態である光スイッチの組立構造の一例を示す平面模式図。

【図6】図5のA-A断面における断面模式図。

【図7】本発明の一実施形態である光スイッチの組立構造の一例を示す斜視模式図。

【図8】本発明の一実施形態である光スイッチの構成を示す断面模式図。

【符号の説明】

1…光スイッチ、2…ファイバ、3…コリメータ、3a…入力コリメータ、3b…出力コリメータ、4…コリメータアレイ、5…マイクロミラー、5a…入力マイクロミラー、5b…出力マイクロミラー、6…マイクロミラーアレイ、7…第1の固定ミラー、8…第2の固定ミラー、9…ビーム、10…筐体、11…フレキシブル配線板、12…マイクロミラーアレイにおけるビーム反射角度、13…第1の固定ミラーにおけるビーム反射角度、20…光スイッチシステム、21…制御IC、22…アンプIC、23…配線、24…ボード、25…光スイッチ、26…光カプラ、27…フォトダイオード、28…ファイバ、29…光コネクタ、30…電源供給線、31…高圧電源供給線、32…制御信号線、40…コリメータアレイブロック、41…第1の斜面、42…第2の斜面、43…ガイドピン、44…位置合わせ用貫通孔、45…押さえブロック、46…ナット、47…ミラー基板、48…電極基板、49…スペーサ基板、50…固定ミラー取付ブロック、51…ベース、52…第1の押し当て面、53…第2の押し当て面、54…カバー、55…ファイバ取り出し口、56…コネクタピン、57…フレキシブル配線板、60…光スイッチ、61…入力コリメータアレイ、62…入力コリメータ、63…出力コリメータアレイ、64…出力コリメータ、65…ビーム、66…入力マイクロミラーアレイ、67…入力マイクロミラー、68…入力固定ミラー、69…出力固定ミラー、70…出力マイクロミラーアレイ、71…出力マイクロミラー、72…入力ファイバ、73…出力ファイバ、74…筐体、75…フレキシブル配線板、101…光スイッチ、102…ファイバ、103…コリメータ、103a…入力コリメータ、103b…出力コリメータ、104…コリメータア

レイ、1055…マイクロミラー、105a…入力マイクロミラー、105b…出力マイクロミラー、106…マイクロミラーアレイ、107…折り返し固定ミラー、108…筐体、109…ビーム

【書類名】 図面

【図1】

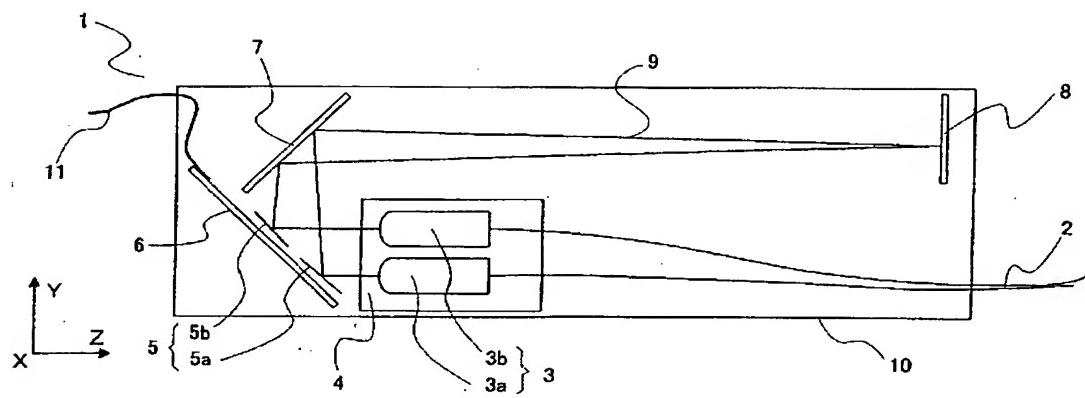


図1

【図2】

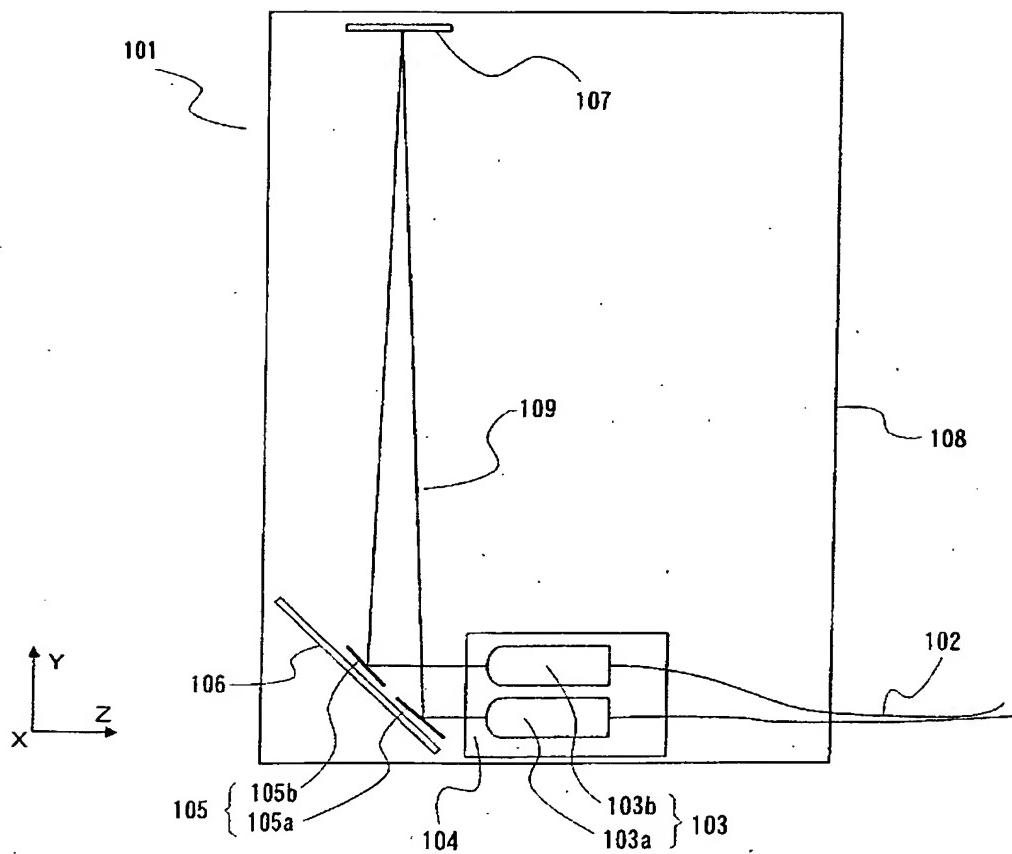


図2

【図3】

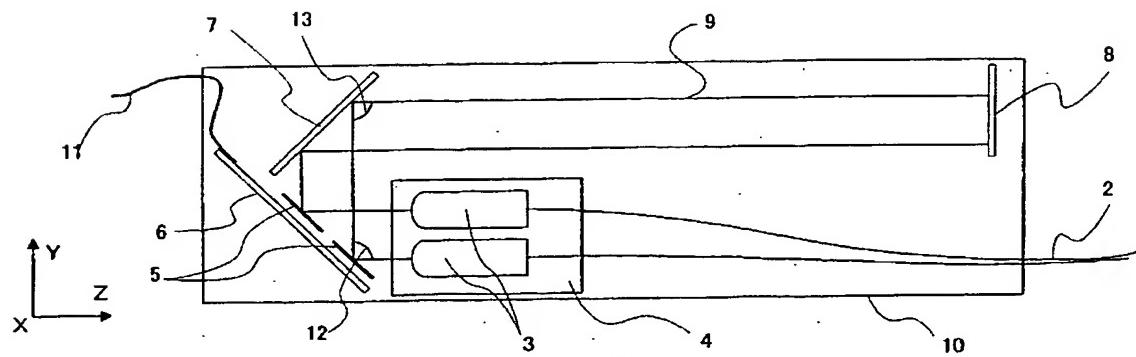


図3

【図4】

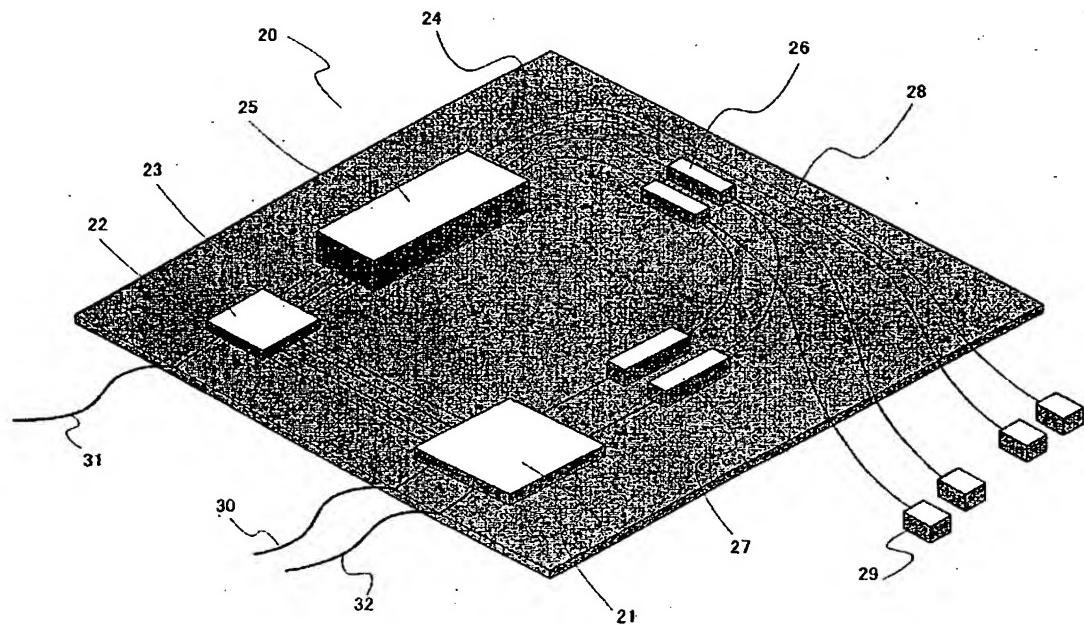


図4

【図5】

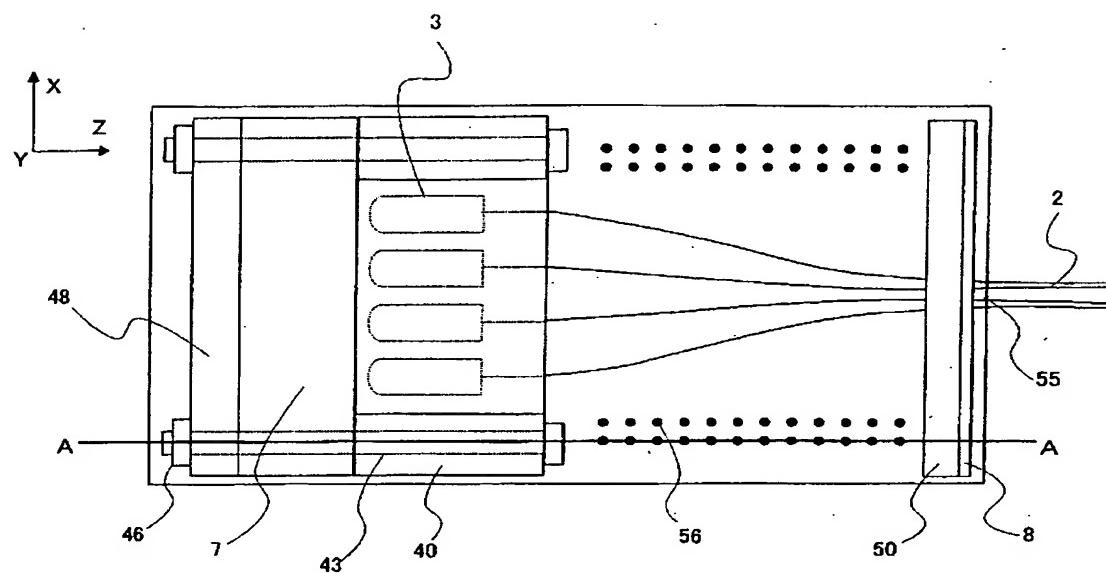


図5

【図6】

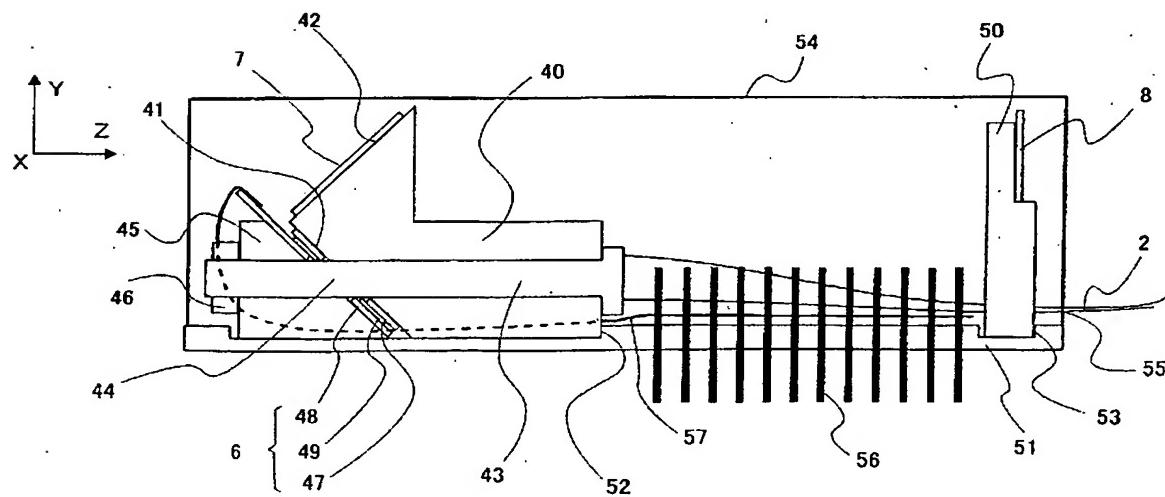


図6

【図7】

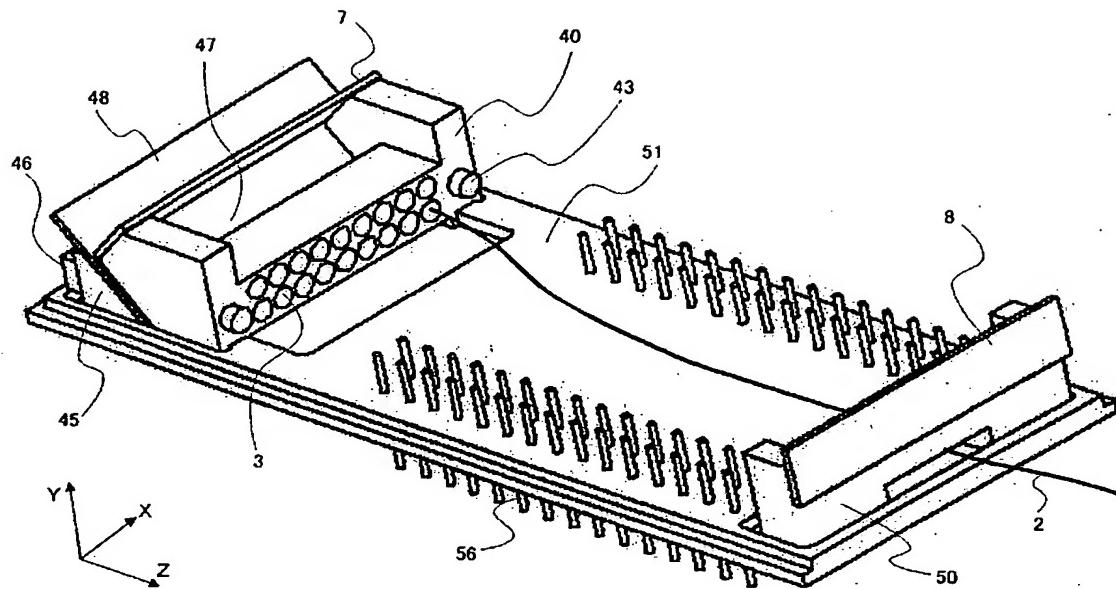


図7

【図8】

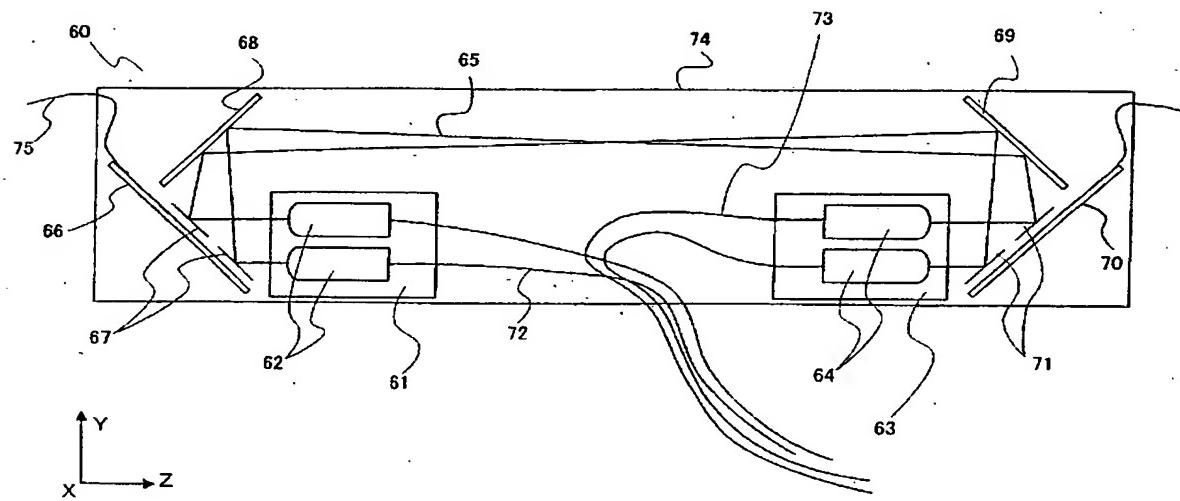


図8

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マイクロミラーアレイを用いた三次元光マトリクススイッチを小型、薄型にする。

【解決手段】 光ファイバに連絡されるコリメータを複数備えたコリメータアレイと、前記コリメータアレイの第一のコリメータから出た光が光学的に連絡される可動ミラーを複数備えたミラーアレイと、前記ミラーアレイのミラーから出た光が光学的に連絡される第一のミラーと、前記第一のミラーから出た光が光学的に連絡される第二のミラーと、前記第二のミラーを出た光が連絡する前記コリメータアレイの第二のコリメータと、を備え、前記第二のミラーから出た光が前記第一のミラーと前記ミラーアレイとを経由して前記第二のコリメータに光学的に連絡するよう形成されたことを特徴とする光スイッチである。

【選択図】 図 1

## 認定・付加情報

特許出願の番号 特願2003-076766  
受付番号 50300454437  
書類名 特許願  
担当官 第一担当上席 0090  
作成日 平成15年 3月24日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】 平成15年 3月20日

次頁無

出証特2003-3109673

特願2003-076766

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所